

# *Republic of Ecuador*

## EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 2635 (2012) (Spanish): Método de Ensayo para las Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas.

BLANK PAGE





Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2635:2012**

---

---

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS.**

**Primera Edición**

TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES OF THIN PLASTIC SHEETING.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Industria del caucho y del plástico, películas y láminas, módulo de elasticidad, propiedades de tracción, resistencia a la tracción.  
PL 03.01-310  
CDU: 678.5:620.172  
CIU: 3560  
ICS: 83.140.10

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS</b>	<b>NTE INEN 2635:2012 2012-07</b>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma describe el método de ensayo para determinar las propiedades de tracción de los plásticos en forma de láminas delgadas y películas (menos de 1,0 mm de espesor).</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma aplica a los plásticos en forma de láminas delgadas y películas de menos de 1,0 mm de espesor (ver notas 1 y 2).</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en el anexo del Método de ensayo D638 de ASTM y además las siguientes:</p> <p>3.1.1 <i>Anisotrópico (a)</i>. Que tiene diferentes valores para una propiedad, en diferentes direcciones.</p> <p>3.1.2 <i>Falla por desgarramiento</i>. Una falla en la tracción caracterizada por la fractura iniciada en un borde de la probeta y que avanza a través de la probeta a una velocidad lo suficientemente lenta para producir una curva anómala de carga-deformación.</p> <p>3.1.3 <i>Mordaza lineal</i>. Mordaza que tiene sus caras diseñadas para concentrar toda la fuerza de agarre a lo largo de una sola línea perpendicular a la dirección de la prueba de tensión. Esto es realizado generalmente mediante la combinación de una cara plana estándar y una cara opuesta de la que sobresale una media caña (<i>redondeada</i>).</p> <p>3.1.4 <i>Mordaza plana</i>. Mordaza con caras planas y forradas con caucho delgado, lija fina o gruesa, o cinta sensible a la presión.</p> <p>3.1.5 <i>Retraso inercial</i>. Retraso en la respuesta de un flujo frente a las fuerzas que actúan sobre él.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>4.1 Este método de ensayo puede ser utilizado para comprobar todos los plásticos dentro del rango de espesores descritos y de la capacidad de la máquina empleada.</p> <p>4.2 La extensión de la probeta se puede medir por la separación de las mordazas, indicadores de extensión o desplazamiento de marcas de calibre.</p> <p>4.3 Se incluye el procedimiento para la determinación del módulo de elasticidad en tracción a una velocidad de deformación (ver nota 3).</p> <p>NOTA 1. Película se define en la terminología de la NTE INEN 2636 como un término opcional para láminas con un espesor nominal no superior a 0,25 mm.</p> <p>NOTA 2. Las propiedades de tracción de los plásticos de 1,0 mm o más de espesor se deben determinar de acuerdo al método de ensayo descrito en la norma ASTM D638.</p> <p>NOTA 3. La determinación del módulo se basa generalmente en el uso de la separación de las mordazas como una medida de la extensión, sin embargo, la conveniencia del uso de extensómetros, como se describe en el numeral 5.2, es reconocida y la provisión para el uso de tales instrumentos se incorpora en el procedimiento.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Industria del caucho y del plástico, películas y láminas, módulo de elasticidad, propiedades de tracción, resistencia a la tracción.</p>		

**4.4** Los datos de ensayo obtenidos por este método de ensayo son relevantes y apropiados para utilizarse en diseño de ingeniería.

**4.5** Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como el estándar.

**4.6** Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente sobre seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias previo a su uso.

#### **4.7 Significancia y uso**

**4.7.1** Las propiedades de tracción determinadas por este método de ensayo son importantes para la identificación y caracterización de materiales para fines de control y especificación. Las propiedades de tracción pueden variar con el espesor de la muestra, el método de preparación, la velocidad de ensayo, el tipo de mordazas utilizadas, y la forma de medir la extensión. Por consiguiente, cuando se desean resultados comparativos precisos, estos factores deben ser cuidadosamente controlados. Este método de ensayo se debe utilizar para fines de arbitraje, a menos que se indique lo contrario en las especificaciones del material en particular. Para muchos materiales, puede haber una especificación que requiere el uso de este método de ensayo, pero con algunas modificaciones de procedimiento que tienen prioridad cuando se agregan a la especificación. Por lo tanto, es aconsejable hacer referencia a la especificación del material antes de usar este método de ensayo. La tabla 1 en la clasificación de la ASTM D4000 enlista las normas ASTM de los materiales que existen actualmente.

**4.7.2** Las propiedades de tracción pueden ser utilizadas para proporcionar datos para investigación y desarrollo, y diseño de ingeniería, así como control de calidad y especificación. Sin embargo, los datos de estos ensayos no pueden ser considerados significativos para aplicaciones que difieren ampliamente en la escala carga-tiempo de la prueba empleada.

**4.7.3** El módulo de elasticidad en tracción es un índice de la rigidez de las láminas de plástico delgadas. La reproducibilidad de los resultados del ensayo es buena cuando se mantiene un control preciso sobre todas las condiciones de prueba. Cuando se comparan la rigidez en materiales diferentes, deben emplearse probetas de dimensiones idénticas.

**4.7.4** La energía de tracción en la rotura (ETR) es la energía total absorbida por unidad de volumen de la probeta hasta el punto de ruptura. En algunos textos esta propiedad ha sido referida como resistencia. Se utiliza para evaluar materiales que son objeto de uso intenso o que pueden atascar los equipos de transporte de red en caso de mal funcionamiento de una máquina en aplicaciones de uso final.

Sin embargo, la velocidad de deformación, los parámetros de la probeta y especialmente los defectos pueden ocasionar grandes variaciones en los resultados. En ese sentido, se recomienda precaución en la utilización de los resultados de la prueba ETR para aplicaciones de diseño de uso final.

**4.7.5** Los materiales que fallan por desgarramiento generan datos anómalos que no puede ser comparados con aquellos de falla normal.

**4.8 Correspondencia.** Esta norma INEN es la versión oficial, en español, para el Ecuador, de la Norma ASTM D 882-10.

## **5. EQUIPO**

**5.1 Máquina de ensayo.** Una máquina de prueba del tipo *velocidad constante de movimiento de cruzeta* y que comprende básicamente lo siguiente:

**5.1.1 Elemento fijo.** Un elemento fijo o esencialmente estacionario que lleva una mordaza.

**5.1.2 Elemento móvil.** Un elemento móvil que lleva una segunda mordaza.

**5.1.3 Mordazas.** Un conjunto de mordazas para sostener la probeta de ensayo entre el elemento fijo y el elemento móvil de la máquina de ensayo; las mordazas pueden ser indistintamente del tipo fijo o de auto-alineación. En cualquier caso, el sistema de sujeción debe minimizar tanto el deslizamiento como la distribución desigual de la tensión.

**5.1.3.1** Las mordazas fijas se instalan firmemente a los elementos fijos y móviles de la máquina de ensayo. Cuando se utiliza este tipo de mordaza, se debe tener cuidado para asegurar que la probeta de ensayo se inserta y se sujeta de modo que el eje longitudinal de la probeta de ensayo coincida con la dirección del esfuerzo a lo largo de la línea central del conjunto de mordazas.

**5.1.3.2** Las mordazas de autoalineación se unen a los elementos fijos y móviles de la máquina de ensayo de tal manera que se muevan libremente hacia la alineación tan pronto como se aplique una carga, de modo que el eje longitudinal de la probeta de ensayo coincida con la dirección de la fuerza de tensión aplicada a lo largo de la línea central del conjunto de mordazas. Las probetas deben estar alineadas tan perfectamente como sea posible con la dirección de tracción para que ningún movimiento rotatorio produzca el deslizamiento de las mordazas; hay un límite en el valor de desalineación al que las mordazas autoalineables harán frente.

**5.1.3.3** La probeta de ensayo se debe sostener de tal manera que el deslizamiento en relación a las mordazas se evite en la medida de lo posible. Se han utilizado con éxito para muchos materiales, mordazas forradas con caucho delgado, lija fina o gruesa o cinta sensible a la presión, así como las mordazas con acabado superficial serrado o tipo lima. La elección de la superficie de agarre dependerá del material ensayado, grosor, etc.

Las mordazas lineales forradas en la cara redondeada con 0,75 a 1,00 mm de papel secante o papel filtro han mostrado mejores resultados. Las mordazas accionadas por aire son convenientes, sobre todo en el caso de materiales que tienden a adelgazarse en las mordazas, debido a que la presión se mantiene en todo momento (ver notas 4-6).

En los casos en que las muestras fallan con frecuencia en el borde de las mordazas, puede ser conveniente aumentar ligeramente el radio de curvatura de los bordes, donde las mordazas entran en contacto con la zona de ensayo de la probeta.

**5.1.4 Mecanismo de accionamiento.** Un mecanismo de arrastre para impartir a los elementos móviles una velocidad uniforme, controlada con respecto al elemento estacionario. La velocidad debe regularse como se especifica en la Sección 9.

**5.1.5 Indicador de carga.** Un adecuado mecanismo de indicación de carga capaz de mostrar la carga total de tracción soportada por la probeta de ensayo sostenida por las mordazas. Este mecanismo debe ser esencialmente libre de retraso inercial a la velocidad de ensayo especificada (ver nota 7). A menos que un extensómetro adecuado sea utilizado (ver numeral 5.2), el movimiento del sistema de pesaje no debe sobrepasar en 2% de la extensión de la probeta dentro del rango que se está midiendo. El indicador de carga debe determinar la carga de tracción aplicada a la probeta con una precisión de  $\pm 1\%$  del valor indicado, o superior. La precisión de la máquina de prueba se debe verificar de conformidad con las prácticas ASTM E4.

NOTA 4. Debe tenerse precaución al elegir el tipo de mordazas y el tipo de superficies de agarre a utilizar para ensayar películas de muestra compuestas de polietileno lineal de baja densidad (PELBD/LLDPE) de alta resistencia y resinas de polietileno de muy baja densidad (PEMBD/VLDPE). Los resultados de las pruebas tienden a variar más cuando se compara este tipo de películas de muestra analizadas con las mordazas lineales recubiertas con materiales diferentes.

NOTA 5. El calibre de la cinta sensible a la presión, caucho delgado, lija fina o gruesa debe ser lo suficientemente adecuada para evitar deslizamientos y fallas prematuras de las probetas de ensayo (por ejemplo, la cinta sensible a la presión se aplica sobre la superficie de las mordazas: la probeta de ensayo puede comenzar a desgarrarse en el borde de las mordazas durante la prueba si la cinta es demasiado delgada).

NOTA 6. Se sugiere que el tamaño de grano de la lija fina o gruesa sea al menos 800. El uso de estos materiales ayuda a prevenir que las probetas de ensayo se deslicen en las mordazas. Hay que tener cuidado al utilizar estos materiales para que no se produzcan fallas prematuras de las probetas.

**5.1.6 Indicador de extensión de cruceta.** Un mecanismo indicador de extensión adecuado, capaz de mostrar la cantidad de cambio en la separación de las mordazas, esto es, el movimiento de una cruceta. Este mecanismo debe ser esencialmente libre de retraso inercial a la velocidad especificada de la prueba (ver nota 7) y debe indicar el movimiento de cruceta con una precisión de  $\pm 1\%$  del valor indicado, o superior.

**5.2 Extensómetro (opcional).** Un instrumento adecuado para determinar la distancia entre dos puntos designados en la probeta de ensayo según la probeta se estira. El uso de este tipo de instrumento es opcional y no es necesario en este método de ensayo. Si se utiliza este equipo, debe estar diseñado de modo que se reduzca al mínimo la tensión en la probeta en los puntos de contacto de la probeta y el instrumento (ver numeral 8.3). Es deseable que este instrumento registre automáticamente la distancia, o cualquier cambio en ella, en función de la carga en la probeta de ensayo o del tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba, o ambas cosas. Si solamente se obtiene este último, los datos de carga-tiempo también deben tomarse. Este instrumento debe ser esencialmente libre de retraso inercial a la velocidad especificada de ensayo (ver nota 7).

**5.2.1 Módulo de elasticidad y mediciones de baja extensión.** Los extensómetros utilizados para el módulo de elasticidad y mediciones de baja extensión (menor al 20% de alargamiento) debe como mínimo, tener una precisión de  $\pm 1\%$  y cumplir con los requisitos establecidos en la práctica ASTM E83 para un instrumento de clase C.

**5.2.2 Mediciones de alta extensión.** La instrumentación y técnicas de medición utilizadas para mediciones de alta extensión (20% de alargamiento o más) deben tener una precisión de  $\pm 1\%$  del valor indicado, o superior.

**5.3 Medidor de espesor.** Un micrómetro de disco de peso muerto o un micrómetro digital como se describe en los métodos de ensayo D5947 y D6988 según sea apropiado para el material o la geometría de la probeta que se ensaya.

**5.4 Dispositivos de medición de ancho.** Escalas de ensayo adecuadas u otros dispositivos de medición de ancho capaces de medir 0,25 mm o menos.

**5.5 Cortador de probeta.** Referirse a la práctica ASTM D6287 para el equipo y las técnicas de corte de las películas y láminas utilizadas en este método de ensayo.

**5.5.1** Los dispositivos que utilizan cuchillas de afeitar han demostrado ser especialmente adecuadas para los materiales que tienen un alargamiento en la fractura por encima del 10 al 20%.

**5.5.2** El uso de una prensa troqueladora o un dado de impacto no es recomendable debido a su tendencia a producir bordes de probeta frágiles e inconsistentes.

**5.5.3** El uso de una plantilla de corte y una sola cuchilla de afeitar no se recomienda ya que afectará el paralelismo de la probeta de ensayo.

## 6. PROBETAS DE ENSAYO

**6.1** Las probetas de ensayo consisten en tiras de ancho y espesor uniforme por lo menos 50 mm más largas que la separación de las mordazas utilizada.

**6.2** El ancho nominal de las probetas no debe ser inferior a 5,0 mm o superior a 25,4 mm.

**6.3** Debe utilizarse una relación ancho-espesor de al menos un valor de ocho. Las probetas angostas magnifican los efectos de las deformaciones o imperfecciones de borde, o ambos.

**6.4** Se debe tener cuidado extremo en el corte de las probetas para evitar hendiduras y grietas que causan fallas prematuras (ver nota 8). Los bordes deben ser paralelos dentro del 5% del ancho a lo largo del tramo de la probeta entre las mordazas.

NOTA 7. Una velocidad de respuesta lo suficientemente alta en el sistema de indicación y registro para la carga y la extensión de datos es esencial. La velocidad de respuesta requerida del sistema dependerá en parte del material ensayado (alargamiento alto o bajo) y la tasa de tensión.

NOTA 8. Puede aplicarse un examen microscópico de las probetas para detectar imperfecciones, debidas a la muestra o preparación de la probeta.

**6.5** Las probetas de ensayo deben seleccionarse de manera que el espesor sea uniforme dentro del 10% del espesor a lo largo de la probeta entre las mordazas en el caso de probetas de 0,25 mm o menos en espesor y dentro del 5% en el caso de probetas mayores a 0,25 mm de espesor, pero menores a 1,00 mm de espesor (ver nota 9).

**6.6** Si el material es sospechoso de ser anisotrópico, deben prepararse dos conjuntos de probetas con sus ejes longitudinales respectivamente paralelos con la dirección sospechosa de anisotropía y perpendicular a la misma.

**6.7** Para las determinaciones del módulo de elasticidad en tracción, una longitud calibrada de muestra de 250 mm, se debe considerar como estándar. Esta longitud se utiliza con el fin de minimizar los efectos del deslizamiento de mordazas en los resultados del ensayo. Cuando esta longitud no es factible, se pueden utilizar secciones de prueba de 100 mm si se ha demostrado que los resultados no son afectados apreciablemente. Sin embargo, para fines de arbitraje debe utilizarse la longitud calibrada de 250 mm. La velocidad de ensayo de las probetas más cortas debe ser ajustada para que la velocidad de deformación sea equivalente a la de la probeta estándar (ver nota 10 y 11).

## 7. ACONDICIONAMIENTO

**7.1 Acondicionamiento.** Acondicionar las muestras de ensayo a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $50 \pm 10\%$  de humedad relativa por no menos de 40 h antes del ensayo de conformidad con el procedimiento A de la práctica ASTM D618, a menos que se especifique lo contrario por acuerdo o por la correspondiente especificación ASTM del material. En caso de desacuerdo, las tolerancias son  $\pm 1^\circ\text{C}$  y  $\pm 5\%$  de humedad relativa.

**7.2 Condiciones de ensayo.** Realizar el ensayo a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $50 \pm 10\%$  de humedad relativa, a menos que se especifique lo contrario por acuerdo o por la correspondiente especificación ASTM del material. En caso de desacuerdo, las tolerancias son  $\pm 1^\circ\text{C}$  y  $\pm 5\%$  de humedad relativa.

## 8. NÚMERO DE MUESTRAS DE ENSAYO

**8.1** En el caso de materiales isotrópicos, por lo menos cinco probetas deben someterse a ensayo por cada muestra.

**TABLA 1. Velocidades de cruceta y separación inicial de mordaza**

Porcentaje de alargamiento en la rotura	Tasa de deformación inicial, mm/mm x min (pulgadas/pulgadas x min)	Separación inicial de mordazas		Velocidad de separación de mordazas	
		mm	pulgadas	mm/min	pulgadas/min
Determinación del módulo de elasticidad					
	0,1	250	10	25	1,0
Otras determinaciones distintas al módulo de elasticidad					
Menor que 20	0,1	125	5	12,5	0,5
20 a 100	0,5	100	4	50	2,0
Mayor que 100	10,0	50	2	500	20,0

NOTA 9. En los casos en que las variaciones de espesor son superiores a las recomendadas en el numeral 6.5, los resultados no suelen ser característicos del material sometido a ensayo.

NOTA 10. Dos ensayos round robin<sup>1</sup> han demostrado que, para los materiales de menos de 0,25 mm de espesor, las mordazas lineales forradas en su cara redondeada con 1,0 mm de papel secante dan los mismos resultados con una sección de ensayo de 100 mm, como los que se produce con una sección de ensayo de 250 mm con mordazas de cara plana.

NOTA 11. Un excesivo deslizamiento de mandíbula se vuelve cada vez más difícil de superar en los casos en que los materiales de alto módulo son ensayados en espesores superiores a 0,25 mm.

<sup>1</sup> Datos de soporte han sido archivados en oficinas de ASTM International y se pueden obtener mediante solicitud del informe de investigación RR: D20-1058.

**8.2** En el caso de materiales anisótropos, al menos diez probetas, cinco perpendiculares y cinco paralelas al eje principal de anisotropía, se deben someter a ensayo por cada muestra.

**8.3** (Opcional) Un número reducido de probetas de ensayo puede ser probado y se debe hacer constar en el informe:

- (1) No menos de tres probetas de ensayo se deben someter a prueba.
- (2) No menos de seis probetas de ensayo en el caso de materiales anisótropos, tres perpendiculares y tres paralelas con el eje principal de anisotropía, se deben someter a prueba.
- (3) Se admite para muestreo de control de calidad en línea.
- (4) Se admite para muestras insuficientes en tamaño para proporcionar un mínimo de cinco probetas de ensayo (10 probetas de ensayo para materiales anisótropos).
- (5) La desviación estándar no necesita ser calculada o reportada debido al reducido número de puntos de datos.

Las probetas que fallan en algún defecto evidente o que fallan fuera de la longitud calibrada deben ser desechadas y debe realizarse un nuevo ensayo, a menos que tales defectos o condiciones constituyan una variable cuyo efecto se está estudiando. Sin embargo, roturas de la mandíbula (fallas en el punto de contacto con la mordaza) son aceptables si se ha demostrado que los resultados de tales ensayos están de acuerdo con los valores obtenidos de la rotura que tiene lugar dentro de la longitud calibrada (ver nota 12).

## 9. VELOCIDAD DE PRUEBA

**9.1** La velocidad de ensayo es la velocidad de separación de los dos elementos (o mordazas) de la máquina de ensayo cuando funciona libre (sin carga). Esta velocidad de separación se debe mantener dentro del 5% del valor sin carga cuando se ejecuta a toda su capacidad de carga.

**9.2** La velocidad de ensayo se calcula a partir de la velocidad de deformación inicial requerida según se especifica en la tabla 1. La velocidad de separación de mordazas se determina, para el propósito de estos métodos de ensayo, a partir de la velocidad de deformación inicial de la siguiente manera:

$$A = BC \quad (1)$$

Donde:

*A* = velocidad de separación de mordazas, mm / min,

*B* = distancia inicial entre mordazas, mm, y

*C* = velocidad de deformación inicial, mm / mm x min.

**9.3** La velocidad de deformación inicial debe ser como en la tabla 1, a menos que se indique de otra manera según la especificación para el material que se está probando (ver nota 13).

**9.4** En casos en los que una clasificación conflictiva del material, según lo determinado por los valores porcentuales de alargamiento en la rotura, resulta en una selección de velocidades de deformación, la velocidad más baja debe utilizarse.

**9.5** Si se están determinando los valores de módulo, deben usarse probetas distintas siempre que las velocidades de deformación y las dimensiones de la probeta no sean las mismas que aquellas empleadas en el ensayo de otras propiedades de tracción.

NOTA 12. En los casos de algunos materiales, el examen de las probetas, antes y después del ensayo, bajo polarizadores ópticos cruzados (películas polarizantes), proporciona un medio útil para la detección de fallas, que pueden ser o son responsables de una falla prematura.

NOTA 13. Los resultados obtenidos a diferentes velocidades de deformación inicial no son comparables y, en consecuencia, cuando se requieran comparaciones directas entre materiales en varias clases de alargamiento, se debe utilizar una velocidad de deformación inicial única. Para algunos materiales, es aconsejable seleccionar las velocidades de deformación sobre la base del porcentaje de alargamiento en la fluencia.

## 10. PROCEDIMIENTO

**10.1** Seleccionar un intervalo de carga de tal forma que la falla en la probeta ocurra dentro de sus tercios superiores. Unas pocas corridas de prueba pueden ser necesarias para seleccionar una combinación adecuada de intervalo de carga y ancho de probeta.

**10.2** Medir el área transversal de la probeta en varios puntos a lo largo de su longitud. Medir el ancho con una precisión de 0,25 mm o más. Medir el espesor con una precisión de 0,0025 mm o más para probetas de menos de 0,25 mm de espesor y con una precisión del 1% o más para probetas de más de 0,25 mm, pero menos de 1,0 mm de espesor.

**10.3** Establecer la separación de mordazas inicial, de conformidad con la tabla 1.

**10.4** Establecer la velocidad de separación de mordazas para alcanzar la velocidad de deformación deseada, en base a la distancia inicial entre las mordazas, de conformidad con la tabla 1. Poner en cero el sistema de peso de carga calibrado, el indicador o indicadores de extensión y el sistema de registro (ver nota 14).

**10.5** En los casos en que se desea medir una sección de ensayo distinta a la longitud total entre las mordazas, marcar los extremos de la sección de ensayo deseada con un crayón suave, fino de cera o con tinta. No refregar estas marcas sobre la superficie porque pueden actuar como elevadores de tensión y causar fallas prematuras en la probeta. Se puede utilizar extensómetros si son disponibles; en este caso, la sección de ensayo será definida por los puntos de contacto del extensómetro (ver nota 15)

**10.6** Colocar la probeta de ensayo en las mordazas de la máquina de ensayo, teniendo cuidado de alinear el eje longitudinal de la probeta con una línea imaginaria que une los puntos de fijación de las mordazas a la máquina. Apretar las mordazas uniforme y firmemente en la medida necesaria para reducir al mínimo el deslizamiento de la probeta durante el ensayo.

**10.7** Poner en marcha la máquina y registrar la carga versus la extensión.

**10.7.1** Cuando la longitud total entre las mordazas se utiliza como zona de ensayo, registrar la carga versus la separación de mordazas.

**10.7.2** Cuando un área de ensayo específica se ha marcado en la probeta, seguir el desplazamiento de las líneas límite de borde con respecto a cada una con separadores o algún otro dispositivo adecuado. Si se desea una curva de carga-extensión, trazar varias extensiones frente a las correspondientes cargas sostenidas, según fue medido por el indicador de carga.

**10.7.3** Cuando se utiliza un extensómetro, registrar la carga versus la extensión de la zona de ensayo medida por el extensómetro.

**10.8** Si se determinan los valores de módulo, seleccionar un intervalo de carga y trazar la velocidad para producir una curva de carga-extensión de entre 30 y 60 grados respecto al eje X. Para una mayor precisión, utilizar la escala de carga más sensible para la cual esta condición se pueda alcanzar. El ensayo puede interrumpirse cuando la curva de carga-extensión se desvía de la linealidad.

**10.9** En el caso de los materiales que están siendo evaluados para el módulo secante, el ensayo puede interrumpirse cuando la extensión especificada es alcanzada.

NOTA 14. Se puede utilizar extensómetros para las determinaciones del módulo de elasticidad con la expectativa de obtener valores más precisos que los que se pueden obtener utilizando la separación de mordazas como longitud calibrada eficaz. Se deben tomar precauciones para asegurar que no ocurra un deslizamiento del extensómetro y una indebida tensión de la probeta. Remitirse también al numeral 6.7.

NOTA 15. La medición de una sección de ensayo específica es necesaria para algunos materiales que tienen alto alargamiento. A medida que la probeta se alarga, la consecuente reducción del área produce un aflojamiento en el borde interior de las mordazas. Esta reducción y aflojamiento retrocede hacia las mordazas, proporcionalmente al alargamiento y reducción de área que tenga lugar. En efecto, esto causa problemas similares al deslizamiento de mordazas, es decir, exagera la extensión medida.

**10.10** Si se determina la energía de tracción en la rotura, debe realizarse alguna provisión para la integración de la curva tensión-deformación. Esto puede ser una integración electrónica durante el ensayo o una determinación subsiguiente a partir del área de la curva tensión-deformación concluida (ver Anexo A.2).

## 11. CÁLCULO

**11.1** La compensación del arranque debe efectuarse de conformidad con el Anexo A.1, a menos que pueda demostrarse que la región del arranque de la curva no se debe a la recuperación del aflojamiento, al asentamiento de la probeta o a otra alteración, sino más bien es una respuesta auténtica del material.

**11.2** El factor de rotura (nominal) se debe calcular dividiendo la carga máxima por el ancho mínimo original de la probeta. El resultado debe expresarse en fuerza por unidad de ancho, por lo general newtons por metro de ancho, y reportarse a tres cifras significativas. El espesor de la película debe siempre declararse hacia los más próximos 0,0025 mm.

*Ejemplo:*

Factor de rotura = 1,75 kN/m de ancho para 0,1300 mm de espesor (ver nota 16).

**11.3** La resistencia a la tracción (nominal) se calcula dividiendo la carga máxima por la sección transversal mínima original de la probeta. El resultado debe expresarse en fuerza por unidad de área, por lo general megapascuales (MPa). Este valor debe reportarse a tres cifras significativas. La carga máxima puede ocurrir en el límite de elasticidad, en el límite de rotura, o en la región entre el límite de elasticidad y el límite de rotura (ver nota 17).

**11.4** La resistencia a la tracción en la rotura (nominal) se calcula de la misma manera que la resistencia a la tracción, salvo que se utiliza la carga de rotura en lugar de la carga máxima (ver notas 17 y 18).

**11.5** El *porcentaje de alargamiento en la rotura* se calcula dividiendo la extensión al momento de la rotura de la probeta por la longitud inicial calibrada de la probeta y multiplicando por 100. Cuando se utilizan marcas de calibradores o extensómetros para definir una sección específica de prueba, solamente esta longitud se utiliza en el cálculo; caso contrario se utiliza la distancia entre las mordazas. El resultado debe expresarse en porcentaje y reportarse a dos cifras significativas (ver nota 17).

**11.6** La resistencia a la deformación permanente por tracción, cuando aplique, se debe calcular dividiendo la carga en el límite de elasticidad por el área mínima de sección transversal original de la probeta. El resultado se debe expresar en fuerza por unidad de área, por lo general megapascuales (MPa). Este valor debe reportarse a tres cifras significativas. Por otra parte, para los materiales que exhiben un comportamiento que obedece a la ley de Hooke en la parte inicial de la curva, debe obtenerse una compensación de la resistencia a la deformación permanente según lo descrito en el apéndice del método del ensayo ASTM D638. En este caso el valor debe presentarse como "resistencia a la deformación permanente en porcentaje de compensación".

**11.7** El *porcentaje de alargamiento en la fluencia*, cuando aplique, debe calcularse dividiendo la extensión en el límite de elasticidad por la longitud calibrada inicial de la probeta y multiplicando por 100. Cuando se utilizan marcas de calibrador o extensómetros para definir una sección específica de prueba, en el cálculo se utiliza solamente esta longitud. Previo al cálculo, corregir la extensión para la "compensación del arranque" como se describe en el Anexo A.1. Los resultados deben expresarse en porcentaje y reportarse a dos cifras significativas. Cuando se aplica la compensación de la resistencia a la deformación permanente, debe calcularse el alargamiento en la compensación de la resistencia a la deformación permanente.

NOTA 16. Este método de reporte es útil para películas muy finas (0,13 mm y menores) para las que la carga de rotura no es proporcional al área transversal y cuyo espesor es difícil de determinar con precisión. Por otra parte, las películas que están en efecto laminar debido a la orientación, efectos de piel, cristalinidad no uniforme, etc., tienen propiedades de tracción desproporcionada en relación a la sección transversal.

NOTA 17. Cuando ocurre una falla por desgarramiento, calcular e indicar los resultados en base a la carga y alargamiento en los cuales el desgarre se inicia, según se refleja en la curva de carga-deformación.

NOTA 18. En muchos casos, la resistencia a la tracción y resistencia a la rotura son idénticos, pero no siempre.

**11.8** El módulo elástico debe calcularse trazando una tangente a la porción lineal inicial de la curva de carga-extensión, seleccionando cualquier punto en esta tangente y dividiendo el esfuerzo de tracción por la deformación correspondiente. Previo al cálculo, corregir la extensión para la "compensación del arranque" como se describe en el Anexo A.1. Para efectos de esta determinación, el esfuerzo de tracción se debe calcular dividiendo la carga por la sección transversal original promedio de la sección de ensayo. El resultado debe expresarse en fuerza por unidad de área, por lo general megapascales (MPa), y reportarse a tres cifras significativas.

**11.9** El módulo secante, a una deformación designada, se calcula dividiendo la tensión (nominal) correspondiente por la deformación designada. Los valores de módulo elástico son preferibles y deben calcularse siempre que sea posible. Incluso, para los materiales en los que ninguna proporcionalidad es evidente, se calculan los valores de módulo secante. Dibujar la tangente como se indica en A.1.3 y la fig. A.1.2 del Anexo A.1, y delimitar la deformación designada del límite de elasticidad donde la recta tangente atraviesa la tensión cero. Determinar la tensión que se utiliza en el cálculo, dividiendo la carga a la deformación designada en la curva de carga-extensión por la sección transversal original promedio de la probeta.

**11.10** La energía de tracción en la rotura, cuando aplique, se calcula mediante la integración de la energía por unidad de volumen bajo la curva tensión-deformación o mediante la integración de la energía total absorbida y dividiéndolo por el volumen de la región calibrada original de la probeta. Como se indica en el Anexo A.2, esto debe realizarse directamente durante el ensayo mediante un integrador electrónico, o posteriormente, por el cómputo del área de la curva trazada. El resultado debe expresarse en energía por unidad de volumen, por lo general en megajulios por metro cúbico (MJ/m<sup>3</sup>). Este valor debe reportarse a dos cifras significativas.

**11.11** Para cada serie de ensayos, la media aritmética de todos los valores obtenidos debe calcularse al número apropiado de cifras significativas.

**11.12** La desviación estándar (estimada) se calcula de la siguiente manera y se reporta a dos cifras significativas:

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n\hat{X}^2)/(n - 1)}$$

Donde:

$s$  = desviación estándar estimada,  
 $X$  = valor de una sola observación,  
 $n$  = número de observaciones, y  
 $\hat{X}$  = media aritmética del conjunto de observaciones.

## 12. INFORME

**12.1** Reportar la siguiente información:

**12.1.1** Identificación completa del material ensayado, incluyendo el tipo, origen, número de código del fabricante, forma, dimensiones principales, antecedentes, y orientación de las muestras con respecto a la anisotropía (si existe).

**12.1.2** Método de preparación de las probetas de ensayo.

**12.1.3** Espesor, ancho y longitud de probetas ensayadas.

**12.1.4** Número de probetas ensayadas.

**12.1.5** Velocidad de deformación empleada.

**12.1.6** Separación de las mordazas (inicial).

**12.1.7** Velocidad de la cruceta (velocidad de separación de mordazas).

- 12.1.8** Longitud calibrada (si es diferente de la separación de las mordazas).
- 12.1.9** Tipo de mordazas utilizadas, incluyendo el revestimiento (si existe).
- 12.1.10** Procedimiento de acondicionamiento (condiciones de ensayo, temperatura y humedad relativa, si no son los valores estándar).
- 12.1.11** Comportamiento anómalo, como serían fallas por desgarramiento y fallas en la mordaza.
- 12.1.12** Factor promedio de rotura y desviación estándar.
- 12.1.13** Resistencia promedio a la tracción (nominal) y desviación estándar.
- 12.1.14** Resistencia promedio a la tracción en la rotura y desviación estándar.
- 12.1.15** Porcentaje promedio de alargamiento en la rotura y desviación estándar.
- 12.1.16** Cuando aplique, la energía promedio de tracción en la rotura y la desviación estándar.
- 12.1.17** En el caso de materiales que presentan el fenómeno de "fluencia": la resistencia promedio a la deformación permanente y la desviación estándar; y el porcentaje promedio de alargamiento en la fluencia y la desviación estándar.
- 12.1.18** Para materiales que no presenten un límite de elasticidad: el porcentaje promedio de compensación de la resistencia a la deformación permanente y la desviación estándar; y el porcentaje promedio de alargamiento de compensación de la resistencia a la deformación permanente y la desviación estándar.
- 12.1.19** Módulo promedio de elasticidad y desviación estándar (si se utiliza el módulo secante, entonces indicarlo y reportar la deformación a la cual se ha calculado).
- 12.1.20** Cuando se emplea un extensómetro, entonces indicarlo.

### 13. PRECISIÓN Y SESGO

**13.1** Se han llevado a cabo dos ensayos interlaboratorios para estas propiedades de tracción. El primero se ejecutó para módulos solamente en 1977, en el cual cuatro muestras de materiales delgados (~0,025 mm) extraídas aleatoriamente se ensayaron con cinco probetas en cada laboratorio. Las mediciones del módulo elástico (tangente) se realizaron por seis laboratorios, y las mediciones del módulo secante (1%) fueron realizadas por cinco laboratorios. La precisión relativa obtenida en este estudio interlaboratorios se encuentra en la tabla 2.

**TABLA 2. Datos de precisión para módulos**

Módulo tangente												
Material	Espesor,		Promedio,		$S_n$		$S_{R_n}$		$I_n$		$I_{R_n}$	
	$\mu\text{m}$	mils	kPa	psi	$10^3$ kPa	$10^3$ psi	$10^3$ kPa	$10^3$ psi	$10^3$ kPa	$10^3$ psi	$10^3$ kPa	$10^3$ psi
LDPE	35,6	1,4	371,6	53,9	12,5	1,81	60,7	8,81	35,3	5,12	171,7	24,9
HDPE	40,6	1,6	1316,9	191	37,7	5,47	111,7	16,2	106,9	15,5	316,5	45,9
PP	27,9	1,1	2930,2	425	71,0	10,3	217,2	31,5	199,9	29,0	614,3	89,1
PET	22,9	0,9	4633,2	672	95,2	13,8	382,7	55,5	269,6	39,1	1082,5	157,0
Módulo secante												
LDPE	35,6	1,4	310,3	45,0	14,5	2,11	23,7	3,43	41,2	5,98	66,9	9,7
HDPE	40,6	1,6	1034,2	150	22,7	3,29	66,1	9,58	64,1	9,30	186,8	27,1
PP	27,9	1,1	2564,8	372	32,1	4,66	182,7	26,5	91,0	13,2	516,4	74,9
PET	22,9	0,9	4412,6	640	69,0	10,0	189,6	27,5	195,8	28,4	536,4	77,8

**13.1.1** Para obtener las estimaciones en la tabla 2, los valores extremos estadísticos no fueron eliminados, de acuerdo con la práctica ASTM E691.<sup>2</sup>

**13.1.2** La desviación estándar dentro de un laboratorio para un valor medio,  $S_{\bar{x}}$ , en cada caso se determinó a partir de la desviación estándar,  $S_x$ , de las cinco probetas individuales de la siguiente manera:  $S_{\bar{x}} = S_x / (5)^{1/2}$ . Los valores  $S_{\bar{x}}$  se agruparon entre laboratorios para un material dado para obtener la desviación estándar dentro de un laboratorio,  $S_r$ , de un resultado de ensayo (promedio de cinco probetas). Ver 13.3-13.3.2 para las definiciones de términos en las tablas.

**13.2** Un ensayo interlaboratorios fue dirigido para todas las demás propiedades de tracción, excepto los módulos en el año 1981, en el cual seis muestras de materiales (una de ellas en tres espesores) que varían en espesor desde 0,019 hasta 0,178 mm (0,00075 a 0,007 pulgadas) fueron extraídas aleatoriamente y se ensayaron en siete laboratorios. Un resultado de ensayo fue definido como la media de las determinaciones de cinco probetas. Sin embargo, cada laboratorio ensayó ocho probetas, y el  $S_{\bar{x}}$  se determinó a partir de  $S_{\bar{x}} = S_x / (5)^{1/2}$  como en el caso anterior. Esto se efectuó para mejorar la calidad de las estadísticas, manteniendo su aplicabilidad al resultado de un ensayo de cinco probetas. Los materiales y sus espesores están identificados en las tablas 3-7, cada uno de los cuales contiene los datos de una de las siguientes propiedades: resistencia a la deformación permanente por tracción, alargamiento en la fluencia, resistencia a la tracción, alargamiento en la rotura por tracción y energía de tracción en la rotura (ver nota 19).<sup>3</sup>

**13.3** A efectos de compilar estadísticas de resumen, un resultado de ensayo ha sido definido como el promedio de cinco mediciones replicadas de una propiedad para un material en un laboratorio, tal como se especifica en este método de ensayo. Las estadísticas de resumen se presentan en la tabla 3. En cada tabla, para el material indicado,  $S(r)$  es la desviación estándar agrupada dentro de un laboratorio de un resultado de ensayo,  $S(R)$  es la desviación estándar entre laboratorios de un resultado de ensayo, donde  $r$  es igual a  $2,83 \times S(r)$  (ver 13.3.1) y  $R$  es igual a  $2,83 \times S(R)$  (ver 13.3.2). (Advertencia: Las explicaciones siguientes sobre  $I_r$  e  $I_R$  (13.3-13.3.3) pretenden solamente presentar de una manera significativa la precisión *aproximada* de este método de ensayo. Los datos de la tabla 2 no deben aplicarse rigurosamente para la aceptación o rechazo del material, pues aquellos datos son específicos del ensayo *round robin* y no pueden ser representativos de otros lotes, condiciones, materiales, o laboratorios. Los usuarios de este método de ensayo deben aplicar los principios esbozados en la práctica ASTM E691 para generar datos específicos para su laboratorio y materiales, o entre laboratorios específicos. Los principios de 13.3-13.3.3 serían entonces válidos para tales datos.)

**13.3.1** Repetitividad,  $I_r$  (Comparando dos resultados de ensayo para el mismo material, obtenidos por el mismo operador utilizando el mismo equipo en el mismo día). Los dos resultados de ensayo deben juzgarse no equivalentes, si difieren en más que el valor de  $I_r$  para ese material.

**13.3.2** *Reproducibilidad*. En la comparación de dos valores medios para el mismo material, obtenidos por operarios distintos, utilizando equipos diferentes en días diferentes, ya sea en el mismo laboratorio o en laboratorios diferentes, los valores medios deben juzgarse no equivalentes, si difieren en más que el valor  $R$  para ese material.

**13.3.3** Cualquier juicio realizado de conformidad con 13.3.1 y 13.3.2, tiene un aproximado del 95% (0,95) de probabilidad de ser correcto.

**13.3.4** Para mayor información, ver Práctica ASTM E691.

**13.4 Sesgo**. El error sistemático que contribuye a la diferencia entre un resultado y un valor verdadero (o de referencia). No existen estándares reconocidos en los cuales basar una estimación del sesgo para estos métodos de ensayo.

NOTA 19. Posterior a la presentación del informe de investigación, el examen del polietileno de baja densidad utilizado en este estudio entre polarizadores cruzados reveló líneas longitudinales que representan una variación sustancial a lo ancho en la orientación molecular que probablemente no fue exitosamente asignada al azar del componente de la varianza entre-laboratorios.

<sup>2</sup> Información de apoyo ha sido archivada en las oficinas de ASTM International y se puede obtener mediante solicitud del informe de investigación RR: D20-1084.

<sup>3</sup> Información de apoyo ha sido archivada en las oficinas de ASTM International y se puede obtener mediante solicitud del informe de investigación RR: D20-1101.

TABLA 3. Datos de precisión para el límite elástico

Material	Espesor,		Promedio, 10 <sup>3</sup>		(S <sub>r</sub> ) <sup>A</sup> 10 <sup>3</sup>		(S <sub>R</sub> ) <sup>B</sup> 10 <sup>3</sup>		I(r) <sup>C</sup> 10 <sup>3</sup>		I(R) <sup>D</sup> 10 <sup>3</sup>	
	μm	mils	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi
LDPE	25,4	1,0	10,27	1,49	0,35	0,051	0,90	0,13	0,97	0,14	2,55	0,37
HDPE	25,4	1,0	29,85	4,33	0,58	0,084	1,10	0,16	1,65	0,24	3,03	0,44
PP	19,1	0,75	44,13	6,4	0,90	0,13	3,59	0,52	2,55	0,37	10,07	1,46
PC	101,6	4,0	59,23	8,59	0,50	0,072	2,00	0,29	1,38	0,2	5,65	0,82
CTA	134,6	5,3	78,60	11,4	0,83	0,12	3,45	0,5	2,34	0,34	9,86	1,43
PET	101,6	4,0	98,59	14,3	0,83	0,12	1,59	0,23	2,34	0,34	4,55	0,66
PET	63,5	2,5	99,28	14,4	0,97	0,14	3,72	0,54	2,76	0,4	10,48	1,52
PET	177,8	7,0	99,28	14,4	0,90	0,13	2,48	0,36	2,55	0,37	7,10	1,03

<sup>A</sup> S<sub>r</sub> es la desviación estándar del promedio dentro del laboratorio.

<sup>B</sup> S<sub>R</sub> es la desviación estándar del promedio entre laboratorios.

<sup>C</sup> I<sub>r</sub> = 2,83 S<sub>r</sub>.

<sup>D</sup> I<sub>R</sub> = 2,83 S<sub>R</sub>.

TABLA 4. Datos de precisión para el alargamiento elástico

Material	Espesor,		Promedio, %	(S <sub>r</sub> ) <sup>A</sup> , %	(S <sub>R</sub> ) <sup>B</sup> , %	I(r) <sup>C</sup> , %	I(R) <sup>D</sup> , %
	μm	mils					
PP	19,1	0,75	3,5	0,15	0,41	0,42	1,2
PET	63,5	2,5	5,2	0,26	0,92	0,74	2,6
PET	101,6	4,0	5,3	0,25	0,60	0,71	1,7
PET	177,8	7,0	5,4	0,14	1,05	0,40	3,0
CTA	134,6	5,3	5,4	0,19	0,99	0,54	2,8
PC	101,6	4,0	6,9	0,24	0,98	0,68	2,8
HDPE	25,4	1,0	8,8	0,32	1,82	0,91	5,2
LDPE	25,4	1,0	10,0	0,55	3,41	1,56	9,6

NOTA. Ver tabla 3 por explicación en nota al pie.

TABLA 5. Datos de precisión para la resistencia a la tracción

Material	Espesor,		Promedio, 10 <sup>3</sup>		(S <sub>r</sub> ) <sup>A</sup> 10 <sup>3</sup>		(S <sub>R</sub> ) <sup>B</sup> 10 <sup>3</sup>		I(r) <sup>C</sup> 10 <sup>3</sup>		I(R) <sup>D</sup> 10 <sup>3</sup>	
	μm	mils	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi
LDPE	25,4	1,0	23,58	3,42	0,97	0,14	3,65	0,53	2,76	0,40	10,34	1,5
HDPE	25,4	1,0	47,37	6,87	1,86	0,27	5,58	0,81	5,24	0,76	15,86	2,3
PC	101,6	4,0	82,74	12,0	2,34	0,34	6,41	0,93	6,62	0,96	17,93	2,6
CTA	134,6	5,3	100,66	14,6	1,38	0,20	9,45	1,37	3,93	0,57	26,89	3,9
PP	19,1	0,75	195,81	28,4	10,82	1,57	31,44	4,56	30,34	4,40	88,94	12,9
PET	101,6	4,0	199,26	28,9	4,48	0,65	8,76	1,27	12,41	1,80	24,82	3,6
PET	177,8	7,0	208,91	30,3	5,72	0,83	9,10	1,32	15,86	2,30	25,51	3,7
PET	63,5	2,5	210,98	30,6	8,41	1,22	18,20	2,64	23,44	3,40	51,71	7,5

NOTA. Ver tabla 3 por explicación en nota al pie.

**TABLA 6. Datos de precisión para el alargamiento en la rotura**

Material	Espesor,		Promedio, %	$(S_r)^A$ , %	$(S_R)^B$ , %	$l(r)^C$ , %	$l(R)^D$ , %
	$\mu\text{m}$	mils					
CTA	134,6	5,3	26,4	1,0	4,3	3	12
PP	19,1	0,75	57,8	4,4	12,7	12	36
PET	63,5	2,5	120	8,0	14,6	23	41
PET	177,8	7,0	132	5,8	10,6	16	30
PET	101,6	4,0	134	4,4	12,2	12	35
PC	101,6	4,0	155	5,4	17,1	15	48
LDPE	25,4	1,0	205	24,4	73,3	69	210
HDPE	25,4	1,0	570	26,0	91,7	74	260

NOTA. Ver tabla 3 por explicación en nota al pie.

**TABLA 7. Datos de precisión para la energía de tracción en la rotura**

Material	Espesor,		Promedio,		$(S_r)^A$		$(S_R)^B$		$l(r)^C$		$l(R)^D$	
	$\mu\text{m}$	mils	$\text{MJ}/\text{m}^3$	$10^3$ $\text{in. lbf}/\text{in}^3$								
CTA	127,0	5,0	21,65	3,14	0,97	0,14	4,83	0,70	2,76	0,4	13,79	2,0
LDPE	25,4	1,0	38,61	5,6	5,79	0,84	17,03	2,47	16,55	2,4	48,26	7,0
PP	19,1	0,75	77,91	11,3	8,20	1,19	21,44	3,11	23,44	3,4	60,67	8,8
PC	101,6	4,0	88,94	12,9	4,07	0,59	10,69	1,55	11,72	1,7	30,34	4,4
HDPE	25,4	1,0	179,26	26,0	12,89	1,87	34,61	5,02	36,54	5,3	97,91	14,2
PET	63,5	2,5	179,95	26,1	14,69	2,13	28,96	4,20	41,37	6,0	82,05	11,9
PET	101,6	4,0	186,85	27,1	9,79	1,42	18,96	2,75	27,58	4,0	53,78	7,8
PET	177,8	7,0	195,81	28,4	11,79	1,71	18,75	2,72	33,09	4,8	53,09	7,7

NOTA. Ver tabla 3 por explicación en nota al pie




---

### Deformación

de registro trazan la imagen

### al con región que no ooke

γ de arranque, AC, la cual  
por una recuperación del  
n de obtener los valores  
isación de fluencia, esta  
deformación o extensión.

o que obedece a la ley de  
urva se construye a través  
ro corregido, desde el cual  
) la compensación de la  
dividiendo la tensión en  
mo punto (medida desde

g. A1.2), el mismo tipo de  
ediante la construcción de  
tiende hasta intersectar el  
Usando el punto B' como  
irse por la deformación en  
ra aquellos materiales que  
el punto de inflexión como  
uede resultar en errores

bajo la curva de tensión-

$$ETR = \int_0^{\varepsilon_T} S d\varepsilon \quad (A.2.1)$$

Donde:

$S$  es la tensión en cualquier deformación,  $\varepsilon$ , y  $\varepsilon_T$  es la deformación en la rotura. El valor se expresa en unidades de energía por unidad de volumen de la región inicial calibrada de la probeta. La ETR se mide de forma más conveniente y precisa con un comprobador de tensión equipado con un integrador. El cálculo es entonces:

$$ETR = (I/K) \quad (A.2.2)$$

$$\frac{(\text{carga de escala completa})(\text{velocidad de registro})(\text{velocidad de la cruceta/velocidad de registro})}{(\text{calibre medio})(\text{ancho de probeta})(\text{longitud calibrada})}$$

Donde:

$I$  es el orden de lectura del integrador y  $K$  es el orden máximo posible por unidad de tiempo para una carga constante de escala completa. Todo este cálculo típicamente suele realizarse electrónicamente. Los resultados se expresan mejor en megajulios por metro cúbico ( $\text{MJ/m}^3$ ).

**A.2.2** Sin un integrador, el área bajo la curva tensión-deformación registrada se puede medir por planímetro, contando cuadrados, o con el peso de la curva de recorte. Estas técnicas requieren mucho tiempo y es probable que sean menos precisas, ya que la escala de carga en algunos registros no se encuentra en volúmenes enteros. Por otra parte, si las coordenadas de la curva se encuentran en términos de fuerza y extensión en lugar de tensión y deformación, la energía calculada, correspondiente al área medida, debe dividirse por el producto de la longitud calibrada, el ancho de la probeta, y el calibre medio:

$$(\text{área de la curva}) (\text{fuerza por unidad de la escala de registro}) \quad (A.2.3)$$

$$ETR = \frac{(\text{extensión por unidad de recorrido de registro})}{(\text{calibre medio})(\text{ancho de probeta})(\text{longitud calibrada})}$$

**A.2.3** Por ejemplo, si el área bajo la curva de fuerza-extensión es de  $60\,000 \text{ mm}^2$ , la coordenada de carga es de  $2,0 \text{ N/mm}$  de escala de registro, la coordenada de extensión es de  $0,25 \text{ mm}$  de extensión por cada  $\text{mm}$  de recorrido de registro y las dimensiones de la probeta son  $0,1 \text{ mm}$  de espesor,  $15 \text{ mm}$  de ancho y  $100 \text{ mm}$  calibrados, entonces el cálculo de la energía de tracción en la rotura es:

$$ETR = \frac{(60\,000 \text{ mm}^2)(2,0 \text{ N/mm})(0,25 \times 10^{-3} \text{ m/mm})}{(0,1 \times 10^{-3} \text{ m})(15 \times 10^{-3} \text{ m})(100 \times 10^{-3} \text{ m})} \quad (A.2.4)$$

$$ETR = 200 \text{ MJ/m}^3$$

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2636	<i>Terminología relativa a plásticos degradables</i>
Norma ASTM D618	<i>Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing</i>
Norma ASTM D638	<i>Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics</i>
Norma ASTM D4000	<i>Standard Classification System for Specifying Plastic Materials</i>
Norma ASTM D5947	<i>Standard Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens</i>
Norma ASTM D6287	<i>Standard Practice for Cutting Film and Sheeting Test Specimens</i>
Norma ASTM D6988	<i>Standard Guide for Determination of Thickness of Plastic Film Test Specimens</i>
Norma ASTM E4	<i>Standard Practices for Force Verification of Testing Machines</i>
Norma ASTM E691	<i>Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method</i>
Norma ISO 527-3	<i>Plastics. Determination of tensile properties. Part 3: Test conditions for films and sheets</i>

### Z.2. BASES DE ESTUDIO

ASTM D882-10 *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*. American Society for Testing and materials. Philadelphia, 2010.

ASTM E7-03(2009) *Standard Terminology Relating to Metallography*. American Society for Testing and materials. Philadelphia, 2010

*Glossary of Meteorology*. American Meteorology Society. Section I – Page 19.

<http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse?s=i&p=10>. Consultado en 2011-04-26

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** NTE INEN 2635      **TÍTULO:** MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS      **Código:** PL 03.01-310

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2011-02-02	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: **Plásticos degradables**

Fecha de iniciación: 2011-07-27

Fecha de aprobación: 2011-11-09

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Diego Saltos Donoso (Presidente)

Dra. Caterina Costa

Ing. Alfredo Hoyos

Ing. Andrés Villacís

Ing. Anita Ramos

Ing. Carlos Hoyos

Ing. Jenny Arias

Ing. Jorge Salgado

Ing. Luis Jervis

Ing. Xavier Ordoñez

Ing. Xavier Ramadán

Ing. Yolanda Chimbo

Ing. Yuly Palma

Lic. Lorena Ricaurte

Dra. Verónica Arrieta

Ing. Eduardo Franco

Ing. Francisco Quiroz

Ing. Jaime Yáñez León

Ing. Cristina Acosta (Secretaria Técnica)

FLEXIPLAST

ASEPLAS

PORCONECU

MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y

PRODUCTIVIDAD

PLÁSTICOS TORTUGA (GR)

PORCONECU

MINISTERIO DEL AMBIENTE – DIRECCIÓN

NACIONAL PARA LA CONTAMINACIÓN

AMBIENTAL

ENTEC

INTERCIA

SUNCHODESA

PROVELAN CIA. LTDA.

EMPAQPLAST

DISAN ECUADOR

ASEPLAS

MINISTERIO DEL AMBIENTE – PROGRAMA

NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL

DE DESECHOS SÓLIDOS

PLÁSTICOS ECUATORIANOS S.A.

CIAP – ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

MEXICHEM ECUADOR S.A.

INEN – REGIONAL AZUAY

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 736 de 2012-07-02

Por Resolución No. 12125 de 2012-06-12

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gob.ec](mailto:direccion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gob.ec](mailto:normalizacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gob.ec](mailto:certificacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gob.ec](mailto:verificacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inenlaboratorios@inen.gob.ec](mailto:inenlaboratorios@inen.gob.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gob.ec](mailto:inenguayas@inen.gob.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gob.ec](mailto:inencuenca@inen.gob.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gob.ec](mailto:inenriobamba@inen.gob.ec)  
URL: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)**